



Intelligent Energy Europe



Dirección General de Industria,
Energía y Minas
CONSEJERÍA DE ECONOMÍA
E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA
Comunidad de Madrid
www.madrid.org





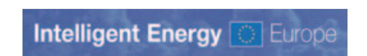
Guía Técnica de Iluminación Eficiente

Sector Residencial y Terciario

Guía Técnica
de Iluminación Eficiente

Sector Residencial y Terciario





Depósito Legal: M-39.822-2006

Diseño e Impresión: Gráficas Arias Montano, S.A.
28935 MÓSTOLES (Madrid)

ÍNDICE

1 PRESENTACIÓN

La Comunidad de Madrid es una gran consumidora de energía, y se caracteriza por su casi total dependencia externa en la energía transformada. Con un territorio que apenas alcanza el 1,6 % nacional, consume más del 11,55 % del total de la energía demandada en España.

Ante esta situación la Dirección General de Industria Energía y Minas ha lanzado la campaña **Madrid Ahorra con Energía**, con participación también del sector privado de la Región.

Se enmarca dentro del Plan Energético de la Comunidad de Madrid 2004-2012, y en la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética de España (E4). El objetivo de fomentar el ahorro de energía y mejorar la eficiencia, así como satisfacer la demanda energética de la Comunidad de Madrid indica el compromiso de impulsar todo tipo de acciones encaminadas a mejorar la realidad energética de la Comunidad de Madrid.

El Plan Energético de la Comunidad de Madrid también considera la promoción de las energías renovables, actuaciones a este respecto se realizan en la Campaña Madrid Solar.

Los principales objetivos de **Madrid Ahorra con Energía** se basan en concienciar a la población aplicando medidas de eficiencia energética y aumentar la competitividad de los sectores productivos.

Se están realizando actividades en seis sub-campañas:

Madrid Etiqueta
Madrid Educa
Madrid Fabrica
Madrid Acoge
Madrid Ilumina
Madrid Vive

} Ahorrando Energía

Con estas actuaciones de la Campaña **Madrid Ahorra con Energía** se espera reducir el consumo de energía en un 10 % en 2012 respecto al escenario ten-

dencial, lo que implica reducir las emisiones de dióxido de carbono en un 10 % en ese año.

La presente GUÍA TÉCNICA DE ILUMINACIÓN EFICIENTE se encuadra en la sub-campaña **"Madrid Ilumina Ahorrando Energía"** y pretende difundir los conceptos básicos de iluminación, mostrando algunas técnicas y ejemplos prácticos de eficiencia energética en el Sector Residencial y Terciario.

El trabajo ha sido realizado por iniciativa de la Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid con la colaboración del Centro de Ahorro y Eficiencia Energética de Madrid. La elaboración técnica ha sido encomendada a la empresa Escan, S.A.

2 INTRODUCCIÓN

La iluminación juega un papel fundamental en el desarrollo de las actuales actividades sociales, comerciales e industriales. La tecnología ha evolucionado a sistemas de alumbrado capaces de adaptarse a las exigencias actuales y que, a su vez, son más eficientes energéticamente.

La iluminación representa en muchos edificios un porcentaje elevado del consumo eléctrico. Así, el porcentaje de energía eléctrica dedicado a iluminación puede llegar a alcanzar en algunos casos más del 50 %.

Sector	% de energía eléctrica dedicada a iluminación
Oficinas	50 %
Hospitales	20-30 %
Industria	15 %
Colegios	10-15 %
Comercios	15-70 %
Hoteles	25-50 %
Residencial	10-15 %

Por tanto, existe un gran potencial de ahorro, energético y económico, alcanzable mediante el empleo de equipos eficientes, unido al uso de sistemas de regulación y control adecuados a las necesidades del local a iluminar.

A través de esta Guía se proporcionan los conocimientos y pautas necesarias para que los sistemas de iluminación sean energéticamente eficientes prestando también atención a los criterios de calidad y ergonomía en cada caso. Deben tenerse en cuenta todas las fases del proyecto: diseño, selección de equipos, mecanismos de gestión y control y operaciones de mantenimiento.

3 EVALUACIÓN DEL CONSUMO Y ETIQUETADO ENERGÉTICO

EVALUACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO

La energía consumida por una instalación de iluminación depende de la potencia del sistema de alumbrado instalado y del tiempo que está encendida. Ambos aspectos son importantes ya que sus variaciones pueden afectar a la eficiencia energética de la instalación. Es importante conocer el consumo de energía de una instalación (existente o futura) cuando se considera el coste-efectividad de medidas para mejorar su eficiencia energética. Tales medidas requerirán una inversión económica, pero reducirán el consumo de energía en el futuro.

Para calcular el consumo energético de una instalación es necesario considerar los siguientes factores: Potencia Instalada y Horas de Uso.

Potencia Instalada

La potencia instalada se calcula multiplicando el número de lámparas por su potencia unitaria, teniendo en cuenta que en la potencia de la lámpara es necesario incluir la potencia del equipo auxiliar (en caso de que la lámpara lo requiera).

Horas de Uso

Las horas de uso de una instalación dependen de los patrones de ocupación del espacio, la luz natural disponible y el sistema de control usado.

Consumo Energético

El consumo energético se calcula multiplicando la Potencia Instalada por las Horas de Uso.

ETIQUETADO ENERGÉTICO

Una manera de obtener un ahorro energético en iluminación es emplear fuentes de luz con una clasificación energética alta.

La **Directiva Europea 92/75/CEE**, de 22 de septiembre de 1992, obliga a los fabricantes de lámparas al etiquetado de los productos con el fin de informar sobre sus características energéticas. Por medio del etiquetado energético, es posible conocer el consumo del producto con el fin de comparar con otro de la misma funcionalidad y elegir la opción más eficiente.

Los requisitos de aplicación de esta directiva, en lo que respecta al etiquetado energético de lámparas de uso doméstico, quedan establecidos en la **Directiva 98/11/CE** de la Comisión de 27 de Enero de 1998.

El ámbito de aplicación está compuesto por las lámparas de uso doméstico alimentadas por la red eléctrica (lámparas de filamento, excluyendo las reflectoras, y lámparas fluorescentes compactas integradas) y por las lámparas fluorescentes de uso doméstico (incluidas las tubulares y las fluorescentes compactas no integrales), incluso cuando se comercialicen para uso no doméstico.

Existen siete clases de eficiencia energética, identificadas con una letra desde la A (más eficiente) a la G (menos eficiente). Si se adquiere una lámpara de **clase A**, el consumo es casi tres veces menor que si fuera de **clase G**. Este ahorro energético y, por lo tanto, económico es muy interesante para los hogares y edificios en general.

En el embalaje de las lámparas debe aparecer esta etiqueta, además de la potencia de la lámpara (W), el flujo luminoso (lm) y la vida media (h).

En la Figura 1 se muestra el embalaje de una Lámpara Fluorescente Compacta (LFC) de clase energética A y de una Lámpara Incandescente de clasificación energética E.

Las dos lámparas anteriores son equivalentes en flujo luminoso; sin embargo, la clasificada A energéticamente consume un 80 % menos de energía y su vida útil es 10 veces superior, que la incandescente clasificada E.





Figura 1: Embalaje de una Lámpara Fluorescente Compacta y de una Lámpara Incandescente.

ETIQUETADO ECOLÓGICO

Las lámparas, además de poseer la etiqueta energética, pueden poseer la Etiqueta Ecológica Comunitaria o Eco-Etiqueta. La Eco-Etiqueta es un distintivo de calidad ambiental cuyos criterios de concesión están fijados en la Decisión 2002/747/CE de la Comisión de 9 de Septiembre de 2002 aplicable a las lámparas eléctricas de bajo consumo, así como a las lámparas fluorescentes compactas con balasto electrónico y los tubos fluorescentes. No se incluyen en ella lámparas fluorescentes compactas con reactancia magnética, lámparas de proyectores, lámparas fotográficas y lámparas solares.



Para obtener la Eco-Etiqueta las lámparas eléctricas deben no sólo tener un bajo consumo de energía, sino también ofrecer una garantía de vida media superior a las 10.000 horas y un mantenimiento del flujo superior al 70 % pasado ese tiempo.

Un producto con etiqueta ecológica posee las siguientes características:

— Reducción del consumo energético.
— Contenido en mercurio estrictamente limitado.
— Aumento del control de calidad del producto y de su durabilidad.
— Reducción de los residuos gracias al uso de embalajes reciclables.
— Mejor información a los consumidores para un uso óptimo.

4 VALORACIÓN ECONÓMICA Y MEDIOAMBIENTAL

El cambio de una instalación de alumbrado existente por una energéticamente más eficiente (sistemas de control, lámparas más eficientes, etc.) supondrá una inversión inicial pero, en un futuro, los costes de operación y mantenimiento se verán reducidos. La pregunta es si los ahorros futuros justifican el gasto inicial.

Para evaluar el coste de una instalación de iluminación no se debe tener en cuenta únicamente el coste inicial, sino también los costes de explotación previstos, ya que el coste de la energía eléctrica facturada es muy importante en el coste global de la instalación.

Por tanto, para realizar un análisis de costes se requieren los siguientes datos:

- Número y tipo luminarias necesarias.
- Precio de la luminaria.
- Número y tipo de lámparas necesarias.
- Precio de la lámpara.
- Consumo por luminaria/proyector, incluyendo las pérdidas de los equipos.
- Tarifas de energía eléctrica.
- Vida útil de la lámpara.
- Horas de funcionamiento anual de la instalación.
- Financiación y amortización.

Como ejemplo se considera el supuesto de sustitución de una lámpara incandescente de 60 W por una fluorescente compacta (LFC) de 11 W que ofrece la misma cantidad de luz, estimando que se mantiene encendida 1.000 horas anuales.

	INCANDESCENTE	LFC
Potencia	60 W	11 W
Vida Útil	1.000 horas	6.000 horas
Horas de Funcionamiento / Año	1.000 horas	1.000 horas
Coste Lámpara	0,88 €	10,40 €
Coste Electricidad (0,086726 €/kWh)	5,2 €/año	0,95 €/año

Teniendo en cuenta lo anterior el ahorro anual considerando únicamente los costes de energía eléctrica es de **4,25 €/año.**

Si se tiene en cuenta la vida útil de las lámparas fluorescentes compactas (6.000 horas), el ahorro en energía eléctrica es de 25,5 €; si se considera el coste de las lámparas, en dicho periodo habría que adquirir seis incandescentes frente a una LFC, por lo que el ahorro total sería de 20,38 €.

Además de los ahorros económicos, es necesario considerar las ventajas medioambientales que supone el empleo de sistemas de iluminación energéticamente eficientes. El Plan Energético de la Comunidad de Madrid 2004-2012, a largo plazo, y la campaña **Madrid Ahorra con Energía** más a corto plazo, tienen como objetivos, reducir el consumo de energía y, por tanto, las emisiones de CO_2.

La iluminación representa un porcentaje importante del consumo eléctrico tanto en el sector residencial como en el terciario, contribuyendo, por tanto a la emisión de gases de efecto invernadero.

Continuando con el ejemplo anterior, la sustitución de una bombilla incandescente de 60 W por una lámpara fluorescente compacta de 11 W supone que se dejan de emitir 20,6 kg CO_2 al año. Esto significa que si todas las familias de la Comunidad de Madrid cambiaran una bombilla incandescente de 60 W por su equivalente de bajo consumo, se evitaría la emisión de **590 toneladas de CO_2**, equivalente al CO_2 generado por un coche si diese 88.000 vueltas al mundo.

5 SISTEMAS DE ILUMINACIÓN

Un sistema de iluminación está formado por:

- Fuentes de luz.
- Equipos Auxiliares: resultan imprescindibles para conseguir la funcionalidad del sistema, e influyen en gran medida en su calidad, consumo energético, economía y durabilidad.
- Luminarias: cumplen funciones energéticas, mecánicas, térmicas y estéticas, al distribuir espacialmente la luz generada por las fuentes de luz.

FUENTES DE LUZ

Las fuentes de luz (lámparas) producen la luz de distintas formas:

— Calentando cuerpos sólidos hasta alcanzar su grado de incandescencia (fundamento de las lámparas incandescentes).
— Provocando una descarga eléctrica en el seno de un gas.
— Provocando una descarga en un cuerpo sólido (LED).

Las principales características para definir las fuentes de luz son las siguientes:

Potencia

Potencia eléctrica de alimentación (W) necesaria para el funcionamiento de una fuente de luz.

Eficacia Luminosa

La eficacia luminosa de una fuente de luz es el flujo de luz que emite dividida por la potencia eléctrica consumida en su obtención.

Eficacia luminosa (lm/W) = Flujo emitido (lm) / Potencia consumida (W)

Indica la eficiencia con la que la energía eléctrica es transformada en luz. Tiene un valor límite teórico de 683 lm/W, aunque en la realidad las cifras para las lámparas que se encuentran en el mercado están muy alejadas de este valor.

En la definición de eficacia luminosa no se tiene en cuenta la potencia consumida por los equipos auxiliares (potencia de pérdidas); sin embargo, este consumo debe considerarse al analizar el funcionamiento de la lámpara.

Vida de la Lámpara

Las lámparas incandescentes dejan de funcionar de manera brusca, aunque mantienen prácticamente constante el flujo luminoso a lo largo de toda su vida; sin embargo, en el resto de fuentes de luz se produce una depreciación del flujo luminoso emitido a lo largo de su vida, por lo que es importante determinar cuando deja de ser funcional, pues suele ser mucho tiempo antes de dejar de funcionar.

Teniendo en cuenta lo anterior se establecen dos conceptos:

a) **Vida media:** indica el número de horas de funcionamiento a las cuales la mortalidad de un lote representativo de fuentes de luz del mismo tipo alcanza el 50 % en condiciones estandarizadas.
b) **Vida útil (económica):** indica el tiempo de funcionamiento en el cual el flujo luminoso de la instalación ha descendido a un valor tal que la fuente de luz no es rentable y es recomendable su sustitución, teniendo en cuenta el coste de la lámpara, el precio de la energía consumida y el coste de mantenimiento.

A continuación se muestran valores orientativos de estos tiempos:

Lámpara	Vida Media (horas)	Vida Útil (horas)
Incandescencia	1.000	1.000
Incandescencia Halógena	2.000	2.000
Fluorescencia Tubular	12.500	7.500
Fluorescencia Compacta	8.000	6.000
Vapor de Mercurio a Alta Presión	24.000	12.000
Luz Mezcla	9.000	6.000
Vapor de Sodio a Baja Presión	22.000	12.000
Vapor de Sodio a Alta Presión	20.000	15.000

Propiedades Cromáticas

Las lámparas se pueden clasificar en función de su Índice de Reproducción Cromática (Ra) de la siguiente manera:

Clase	Ra
1 A	≥ 90
1 B	80 ÷ 89
2 A	70 ÷ 79
2 B	60 ÷ 69
3	40 ÷ 59
4	< 20

La siguiente tabla muestra los tipos de lámparas en función de sus características de temperatura de color e índice de reproducción cromática.

<table>
<tr><th>Índice de reproducción cromática (Ra)</th><th>Clase</th><th>Cálido
<3.300 K</th><th>Neutro
3.300-5.000 K</th><th>Frío
>5.000 K</th></tr>
<tr><td rowspan="3">≥ 90</td><td rowspan="3">1 A</td><td>Halógenas</td><td>Fluorescencia lineal y compacta</td><td rowspan="3">Fluorescencia lineal y compacta</td></tr>
<tr><td>Fluorescencia lineal y compacta</td><td rowspan="2">Halogenuros metálicos y cerámicos</td></tr>
<tr><td>Halogenuros metálicos y cerámicos</td></tr>
<tr><td rowspan="3">80-89</td><td rowspan="3">1 B</td><td>Fluorescencia lineal y compacta</td><td>Fluorescencia lineal y compacta</td><td rowspan="3">Fluorescencia lineal y compacta</td></tr>
<tr><td>Halogenuros metálicos y cerámicos</td><td rowspan="2">Halogenuros metálicos y cerámicos</td></tr>
<tr><td>Sodio blanco</td></tr>
<tr><td>70-79</td><td>2 A</td><td>Halogenuros metálicos</td><td>Halogenuros metálicos</td><td>Halogenuros metálicos</td></tr>
<tr><td rowspan="2">< 70</td><td rowspan="2">2 B, 3, 4</td><td>Mercurio</td><td rowspan="2">Mercurio</td><td rowspan="2"></td></tr>
<tr><td>Sodio</td></tr>
</table>

Tipos de Lámparas

Actualmente en el alumbrado artificial se emplean casi con exclusividad las lámparas eléctricas. Existen distintos tipos de fuentes de luz, la elección de un tipo u otro depende de las necesidades concretas de cada aplicación.

A continuación se describen los distintos tipos de lámparas:



LÁMPARAS INCANDESCENTES

Lámparas incandescentes no halógenas

Las lámparas incandescentes son las más utilizadas principalmente en el sector doméstico debido a su bajo coste, su versatilidad y su simplicidad de uso. Su funcionamiento se basa en hacer pasar una corriente eléctrica por un filamento de wolframio hasta que alcanza una temperatura tan elevada que emite radiaciones visibles por el ojo humano.



Lámparas incandescentes halógenas

La incandescencia halógena mejora la vida y la eficacia de las lámparas incandescentes, aunque su coste es mayor y su uso más delicado. Incorporan un gas halógeno para evitar que se evapore el wolframio del filamento y se deposite en la ampolla disminuyendo el flujo útil como ocurre en las incandescentes estándar.

LÁMPARAS DE DESCARGA

Las lámparas de descarga constituyen una forma de producir luz más eficiente y económica que las lámparas incandescentes. La luz se consigue por excitación de un gas sometido a descargas eléctricas entre dos electrodos. A diferencia de la incandescencia, la tecnología de descarga necesita un equipo auxiliar (balasto, cebador) para su funcionamiento. Según el tipo de gas y la presión a la que se le somete, existen distintos tipos de lámparas de descarga.



Lámparas fluorescentes tubulares

Son lámparas de vapor de mercurio a baja presión de elevada eficacia y vida. Las cualidades de color y su baja luminancia las hacen idóneas para interio-

res de altura reducida. Ocupan el segundo lugar de consumo después de las incandescentes, principalmente en oficinas, comercios, locales públicos, industrias, etc. Las lámparas fluorescentes más usadas hoy en día son las T8 (26 mm de diámetro); sin embargo, se han desarrollado las T5 (16 mm de diámetro) que sólo funcionan con equipo auxiliar electrónico. Esto, junto a su menor diámetro les proporciona una alta eficacia luminosa, que puede alcanzar hasta 104 lm/W.



Lámparas fluorescentes compactas

Poseen el mismo funcionamiento que las lámparas fluorescentes tubulares y están formadas por uno o varios tubos fluorescentes doblados. Son una alternativa de mayor eficacia y mayor vida a las lámparas incandescentes.

Algunas de estas lámparas compactas llevan el equipo auxiliar incorporado (lámparas integradas) y pueden sustituir directamente a las lámparas incandescentes en su portalámparas.



Lámparas fluorescentes sin electrodos

Las lámparas sin electrodos o de inducción emiten la luz mediante la transmisión de energía en presencia de un campo magnético, junto con una descarga en gas. Su principal característica es la larga vida (60.000 h) limitada sólo por los componentes electrónicos.

Lámparas de vapor de mercurio a alta presión



Por su mayor potencia emiten mayor flujo luminoso que la fluorescencia, aunque su eficacia es menor. Por su forma se suelen emplear en iluminación de grandes áreas (calles, naves industriales, etc.).

Lámparas de luz mezcla

Son una combinación de las lámparas de vapor de mercurio a alta presión y lámparas incandescentes y, habitualmente, un recubrimiento fosforescente. Estas lámparas no necesitan balasto ya que el filamento actúa como estabilizador de corriente. Su eficacia luminosa y su reproducción en color son muy pobres. Es un tipo de lámpara en desuso.



Lámparas de halogenuros metálicos

Este tipo de lámpara posee halogenuros metálicos además del relleno de mercurio por lo que mejoran considerablemente la capacidad de reproducir el color, además de mejorar la eficacia. Su uso está muy extendido y es muy variado, por ejemplo, en alumbrado público, comercial, de fachadas, monumentos, etc.

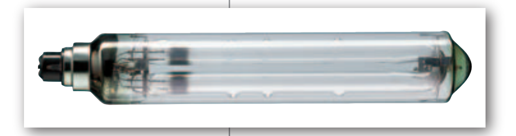


Lámparas de halogenuros metálicos cerámicos



Esta nueva familia de lámparas combina la tecnología de las lámparas de halogenuros metálicos con la tecnología de las lámparas de sodio de alta presión (quemador cerámico). El tubo de descarga cerámico, frente al cuarzo de los halogenuros metálicos convencionales, permite operar a temperaturas más altas, aumenta la vida útil (hasta 15.000 h), la eficacia luminosa y mejora la estabilidad del color a lo largo de la vida de las lámparas. En definitiva, combinan la luz blanca propia de los halogenuros metálicos, y la estabilidad y la eficacia del sodio. Por sus características, son lámparas muy adecuadas para su uso en el sector terciario (comercios, oficinas, iluminación arquitectónica, escaparates, hoteles, etc.).

Lámparas de vapor de sodio a baja presión



En estas lámparas se origina la descarga eléctrica en un tubo de vapor de sodio a baja presión produciéndose una radiación prácticamente monocromática. Actualmente son las lámparas más eficaces del mercado, es decir, las de menor consumo eléctrico; sin embargo, su uso está limitado a aplicaciones en las que el color de la luz (amarillento en este caso) no sea relevante como son autopistas, túneles, áreas industriales, etc. Además, su elevado tamaño para grandes potencias implica utilizar luminarias excesivamente grandes.



Lámparas de vapor de sodio a alta presión

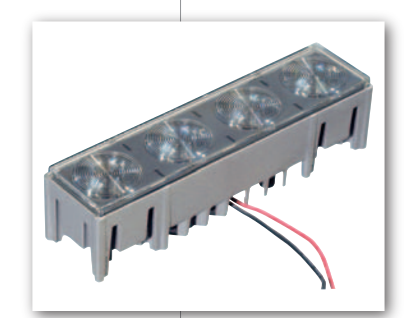
Las lámparas de sodio a alta presión mejoran la reproducción cromática de las de baja presión y, aunque la eficacia disminuye su valor, sigue siendo alto comparado con otros tipos de lámparas. Además, su tamaño hace que el conjunto óptica-lámpara sea muy eficiente. Actualmente está creciendo su uso al sustituir a las lámparas de vapor de mercurio, ya que presentan una mayor vida útil con una mayor eficacia. Este tipo de lámparas

se emplean en instalaciones exteriores de tráfico e industriales, e instalaciones interiores industriales y comercios

Existe una tipología con mayor nivel de presión denominada **Sodio Blanco**, que proporciona la mayor reproducción cromática de las lámparas de sodio con eficacia menor. Estas lámparas se emplean en aplicaciones que requieran mayor índice de reproducción cromática, como son escaparates de comercios y edificios pintorescos de una ciudad, paseos, jardines, etc.

TECNOLOGÍA LED

Los Diodos Emisores de Luz (LED: Lighting Emitting Diode) están basados en semiconductores que transforman directamente la corriente eléctrica en luz. No poseen filamento, por lo que tienen una elevada vida (hasta 50.000 horas) y son muy resistentes a los golpes. Además, son un 80 % más eficientes que las lámparas incandescentes. Por estas razones están empezando a sustituir a las bombillas incandescentes y a las lámparas de bajo consumo en un gran número de aplicaciones, como escaparates, señalización luminosa, iluminación decorativa, etc.



La siguiente tabla muestra los principales tipos de lámparas empleados en cada una de las aplicaciones:

	Incand. Estándar	Halógena	Fluorescente Tubular	Fluorescente Compacta	Mercurio Alta Presión	Halogenuro	Sodio Alta Presión	Sodio Baja Presión	Halogenuro Metálico Cerámico	Inducción	Sodio Blanco
Oficinas			X	X		X			X	X	X
Tiendas (general)	X	X	X	X		X			X	X	X
Tiendas (exposición)	X	X	X	X		X			X	X	X
Deportes (interiores)			X			X			X		
Industrial			X		X	X	X		X		
Doméstico (seguridad)	X			X							
Industrial (seguridad)			X					X			X
Deportes						X	X		X		
Grandes Áreas		X			X	X	X		X		
Doméstico	X	X	X	X							
Alumbrado Público					X		X	X	X	X	X

EQUIPOS AUXILIARES

Mientras que las lámparas incandescentes funcionan de forma estable al conectarlas directamente a la red, la mayor parte de las fuentes de luz requieren un equipo auxiliar para iniciar su funcionamiento o evitar crecimientos continuos de intensidad. En algunas lámparas, como las halógenas de baja tensión, la tensión de funcionamiento es distinta a la suministrada por la red por lo que requieren también de equipos auxiliares.

Los equipos auxiliares determinan en gran medida las prestaciones de servicio de la lámpara, en lo que a calidad y a economía en la producción de luz se refiere. Estos equipos tienen su propio consumo eléctrico que ha de ser tenido en cuenta al evaluar el sistema de iluminación en su conjunto.

Los equipos auxiliares más comunes son los balastos, arrancadores o cebadores, y condensadores, así como, transformadores para las lámparas halógenas de baja tensión. En caso de trabajar con equipo electrónico los tres componentes necesarios para el adecuado funcionamiento de la lámpara (equipo, cebador y condensador) se incorporan en un solo elemento.

Balastos

El balasto es el componente que limita (estabiliza) el consumo de corriente de la lámpara a sus parámetros óptimos. Es el balasto el que proporciona energía a la lámpara, por lo que las características de tensión, frecuencia e intensidad que suministre determinan el correcto funcionamiento del conjunto.

Arrancadores

El arrancador o cebador es el componente que proporciona en el momento del encendido, bien por sí mismo o en combinación con el balasto, la tensión requerida para el cebado de la lámpara. El arrancador puede ser eléctrico, electrónico o electromecánico.

Las características eléctricas del arrancador tienen una importancia fundamental en la vida de la lámpara. La tensión de pico, la corriente máxima (independiente/en serie), la posición de fase, y la tensión de conexión e interrupción tienen que ser las idóneas para lo requerido por tipo y potencia.

Desde el punto de vista de la eficiencia energética los arrancadores suponen una pérdida entre el 0,8-1,5 % de la potencia de la lámpara.

Condensadores

El condensador es el componente que corrige el factor de potencia ($\cos\varphi$) a los valores definidos en normas y reglamentos en vigor.

El resultado final es una reducción de la potencia reactiva consumida que se traduce en un menor gasto energético y, por lo tanto, en una mayor eficiencia energética de la instalación. Las pérdidas en los condensadores suponen entre el 0,5-1 % de la potencia de la lámpara.

En los equipos auxiliares se emplean diferentes tecnologías:

— Resistiva: emplea una resistencia como balasto. Es una tecnología de muy baja eficiencia. En la actualidad está prácticamente en desuso.
— Inductiva: equipos electromagnéticos. Es la tecnología más empleada aunque tiende a sustituirse por la electrónica.
— Electrónica: un equipo electrónico realiza las funciones de balasto y cebador. Además, en muchos casos, elimina la necesidad de condensador. De esta manera, usando un equipo electrónico en lugar de uno convencional se pueden conseguir ahorros de un 25-30 %. Y en caso de usar equipos electrónicos con posibilidad de regulación en lugares donde se puede aprovechar la luz natural estos ahorros pueden alcanzar el 70 %.

Desde el punto de vista energético, en función del tipo de equipo auxiliar que se emplee, las pérdidas en la potencia de la lámpara son del siguiente orden:

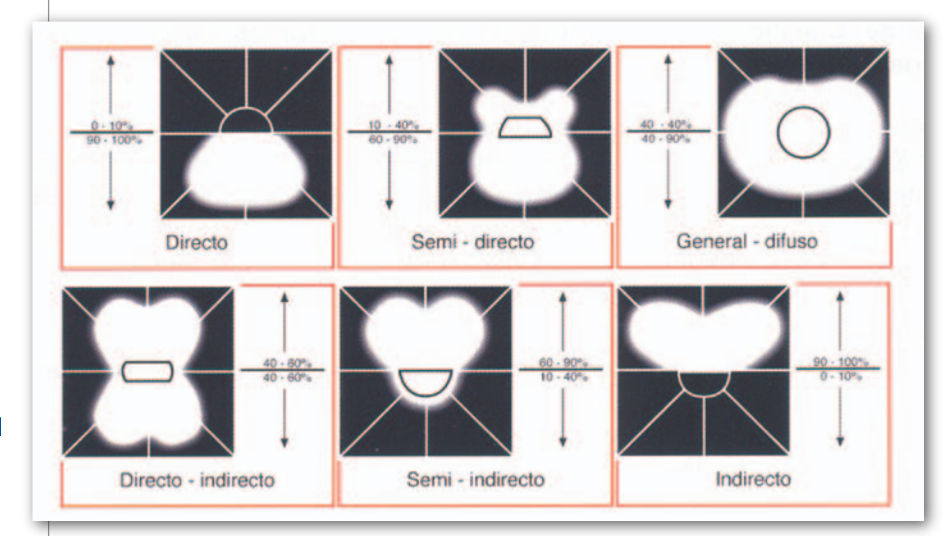
Rango de pérdidas	Tipo de Equipo Auxiliar		
Tipo de lámpara	Electromagnético estándar (Resistivo)	Electromagnético bajas pérdidas (Inductivo)	Electrónico
Fluorescencia	20-25 %	14-16 %	8-11 %
Descarga	14-20 %	8-12 %	6-8 %
Halógenas baja tensión	15-20 %	10-12 %	5-7 %

LUMINARIAS

Las luminarias son los equipos de alumbrado que reparten, filtran o transforman la luz emitida por una o varias lámparas. Comprenden todos los dispositivos necesarios para el soporte, la fijación y la protección de lámparas (excluyendo las propias lámparas) y, en caso necesario, los circuitos auxiliares en combinación con los medios de conexión con la red de alimentación.

Distribución fotométrica

Las luminarias se clasifican en función de su distribución fotométrica, es decir en función de la forma en que distribuye la luz. Según la C.I.E la clasificación es la siguiente:



Clasificación de las luminarias según el tipo de distribución fotométrica.

Rendimiento de la luminaria

El rendimiento de la luminaria es la relación existente entre el flujo luminoso que sale de ella y el flujo luminoso de la lámpara.

La elección de la luminaria adecuada a cada caso dependerá de la tarea a realizar. Sin embargo, es importante tener en cuenta los dos parámetros anteriores, un elevado rendimiento y una apropiada distribución de la luz proporcionarán un sistema de alumbrado de calidad y bajo coste.

6 PARÁMETROS RECOMENDADOS. NORMATIVA

Una vez definidas las magnitudes fundamentales de un sistema de alumbrado, es necesario especificar los requisitos mínimos de forma que se satisfagan las necesidades de confort y prestaciones visuales. Los requisitos visuales deben ser estudiados en función de las tareas que se vayan a realizar, ya que pueden variar significativamente de unas a otras.

NORMA UNE-EN 12464-1:2003

La Norma Europea UNE-EN 12464-1, respecto a la iluminación de los **lugares de trabajo en interior**, define los parámetros recomendados para los distintos tipos de áreas, tareas y actividades. Las recomendaciones de esta norma, en términos de cantidad y calidad del alumbrado, contribuyen a diseñar sistemas de iluminación que cumplen las condiciones de calidad y confort visual, y permite crear ambientes agradables para los usuarios de las instalaciones. El objetivo es conseguir una mayor eficiencia energética en las instalaciones de los edificios reduciendo hasta un 22 % los consumos específicos. Como ejemplo, las tablas siguientes muestran los parámetros recomendados por la norma para Edificios de Oficinas, en Restaurantes y Hoteles y en Edificios Educativos.

Oficinas				
Lugar o Actividad	**Em (lux)(1)**	**UGR_L (2)**	**Ra(3)**	**Observaciones**
Archivos, copiadoras, áreas de circulación	300	19	80	
Lectura, escritura, mecanografía, proceso de datos	500	19	80	Acondicionar las pantallas de visualización
Dibujo Técnico	750	16	80	
Diseño asistido (CAD)	500	19	80	Acondicionar las pantallas de visualización
Salas de conferencias y reuniones	500	19	80	
Puestos de recepción	300	22	80	
Almacenes	200	25	80	
Pasillos y vías de circulación	100	28	40	
Servicios y aseos	100	25	80	
Salas de descanso	100	22	80	

Restaurantes y Hoteles				
Lugar o Actividad	**Em (lux)(1)**	**UGR_L (2)**	**Ra(3)**	**Observaciones**
Recepción, caja, conserjería, buffet	300	22	80	
Cocinas	500	22	80	Debería haber una zona de transición entre cocina y restaurante
Restaurante, comedor, salas de reuniones, etc.	—	—	80	El alumbrado debería ser diseñado para crear la atmósfera apropiada
Restaurante Autoservicio	200	22	80	
Sala de conferencias	500	19	80	El alumbrado debería ser controlable
Pasillos	100	25	80	Niveles inferiores aceptables durante la noche

Edificios Educativos				
Lugar o Actividad	Em (lux)[(1)]	UGR_L [(2)]	Ra[(3)]	Observaciones
Aulas, Aulas de tutoría	300	19	80	La iluminación debería ser controlable
Aulas para clases nocturnas y educación de adultos	500	19	80	La iluminación debería ser controlable
Sala de lectura	500	19	80	La iluminación debería ser controlable
Pizarra	500	19	80	Evitar reflexiones especulares
Mesa de demostraciones	500	19	80	En salas de lectura 750 lux
Aulas de arte	500	19	80	
Aulas de arte en escuelas de arte	750	19	90	$T_{CP} \geq$ 5.000 K
Aulas de dibujo técnico	750	16	80	
Aulas de prácticas y laboratorios	500	19	80	
Aulas de manualidades	500	19	80	
Talleres de enseñanza	500	19	80	
Aulas de prácticas de música	300	19	80	
Aulas de prácticas de informática	300	19	80	
Laboratorios de lenguas	300	19	80	
Aulas de preparación y talleres	500	22	80	
Halls de entrada	200	22	80	
Áreas de circulación, pasillos	100	25	80	
Escaleras	150	25	80	
Aulas comunes de estudio y aulas de reunión	200	22	80	
Salas de profesores	300	19	80	
Biblioteca: estanterías	200	19	80	
Biblioteca: salas de lectura	500	19	80	
Almacenes de material de profesores	100	25	80	

Edificios Educativos				
Lugar o Actividad	Em (lux)(1)	UGR_L (2)	Ra(3)	Observaciones
Salas de deporte, gimnasios, piscinas (uso general)	300	22	80	Para actividades más específicas se deben usar los requisitos de la norma EN 12193
Cantinas escolares	200	22	80	
Cocina	500	22	80	

(1) Iluminancia mantenida (em)

Los valores dados en las tablas son iluminancias mantenidas por debajo de los cuales no debe caer la iluminancia media de una tarea. Estos valores tienen en cuenta aspectos psico-fisiológicos como el confort visual y el bienestar, ergonomía visual, experiencia práctica, seguridad y economía.

En la fase de diseño de un sistema de iluminación es recomendable establecer un nivel de iluminación inicial superior al Em recomendado, ya que con el tiempo el nivel de iluminación va decayendo debido a la pérdida de flujo de la propia fuente de luz, así como a la suciedad acumulada en luminarias, techos y suelos.

(2) Índice de Deslumbramiento Unificado (UGR)

Los valores dados en las tablas se corresponden con el valor límite del Índice de Deslumbramiento Unificado (UGR_L), que va de 10 a 31, para cada una de las tareas con el fin de evitar el deslumbramiento molesto. El valor del UGR de las distintas áreas de una instalación de iluminación no debe superar estos valores.

Este índice es una manera de determinar el tipo de luminaria que debe usarse en cada una de las aplicaciones teniendo en cuenta el posible deslumbramiento que puede provocar debido a la óptica y posición de las lámparas.

El deslumbramiento tiene especial importancia en aquellos lugares donde la estancia es prolongada o donde la tarea es de mayor precisión.

(3) Propiedades de color

Las propiedades de color de un sistema de iluminación son muy importantes debido a que las personas responden a los colores que ven a su alrededor.

Las propiedades de color de una fuente de luz están definidas por:

— La apariencia de color de la lámpara o Temperatura de Color (Tc), o impresión recibida cuando miramos la propia luz.
— El índice de reproducción cromática (Ra) o capacidad de la fuente de luz para reproducir con fidelidad los colores de los objetos que ilumina.

La norma establece un Ra > 80 para iluminar cualquier zona en la que haya permanencia de personas, y no ocasional como podría suceder en corredores o pasillos. Este parámetro cobra especial importancia en establecimientos comerciales, donde una buena reproducción del color es la forma de atraer a los clientes.

La elección de la temperatura de color de un sistema de iluminación es una cuestión psicológica y estética, depende del nivel de iluminación, la presencia o ausencia de luz natural, del clima exterior y, sin lugar a dudas, de la preferencia personal. Se han realizado estudios basados en experiencias con trabajadores (Bodmann) que establecen relaciones entre el nivel de iluminación y la temperatura de color preferida, cuyos resultados han sido los siguientes:

Iluminancia (lux)	Temperatura de color		
	Cálida	Neutra	Fría
≤ 500	Agradable	Neutra	Fría
500-1.000	⬍	⬍	⬍
1.000-2.000	Estimulante	Agradable	Neutra
2.000-3.000	⬍	⬍	⬍
≥ 3.000	No natural	Estimulante	Agradable

Por tanto, se prefiere una temperatura de color elevada (Luz Fría) cuando los niveles de iluminación son también elevados.

En cuanto a la dependencia con la luz natural y el clima, en ausencia de luz natural la preferencia se sitúa en una temperatura de color cálida. En climas cálidos, la preferencia personal tiende hacia mayores temperaturas de color, mientras que en climas fríos dicha tendencia se desplaza hacia temperaturas de color más cálidas.

Código Técnico de la Edificación

El Código Técnico de la Edificación fue aprobado por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, y publicado en el Boletín Oficial del Estado del 28 de marzo de 2006.

Esta nueva norma de referencia para la construcción de edificios establece las exigencias que deben cumplirse en los edificios, en relación con los requisitos básicos relativos a la seguridad y a la habitabilidad. Se trata de una norma de mínimos obligatorios y, también es una norma de objetivos, es decir, que indica los valores que se tienen que obtener. La norma afecta tanto a los edificios destinados a viviendas, como los de uso comercial, docente, sanitario, deportivo, industrial o sociocultural.

El Código se estructura en varios documentos básicos, entre los que el más innovador es el Documento Básico de Ahorro de Energía que tiene como objetivo conseguir un uso racional de la energía necesaria para la utilización de los edificios, incorporando criterios de eficiencia energética y el uso de energías renovables.

Una de las exigencias básicas de ahorro de energía es la **HE 3 – Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación** donde se fijan, por primera vez en la normativa española, unos requisitos para las instalaciones de iluminación. Establece que los edificios dispondrán de instalaciones de iluminación adecuadas a las necesidades de sus usuarios y a la vez eficaces energéticamente, contando con un sistema de control que permita ajustar el encendido a la ocupación real de la zona, así como un sistema de iluminación que optimice el aprovechamiento de la luz natural en aquellas zonas que reúnan unas condiciones adecuadas. Los apartados principales que incluye son:

- Valores de eficiencia energética mínima para cada tipo de edificio y utilización. El parámetro utilizado para medir esta eficiencia es el **Valor de Eficiencia Energética: VEE = W/m^2 por cada 100 lux.**
  Los valores exigidos están dentro de los estándares actuales en oficina, con iluminación fluorescente y alta frecuencia, pero supone un gran avance en otras instalaciones hoy en día menos eficientes como escuelas, hoteles, etc.
- **Sistemas de control y regulación:** hace obligatorio el uso de sistemas de control básicos para cada zona (prohíbe explícitamente que el encendido y apagado se haga en exclusiva desde los cuadros eléctricos), detección de presencia en zonas de uso esporádico y regulación en las luminarias más cercanas (a una distancia de 3 m o inferior) a las ventanas en función de la luz natural. Con este punto se hace imprescindible contar con un sistema de gestión de alumbrado en el edificio. En el caso de edificios pequeños será muy interesante la utilización de sistemas de control incorporados a las luminarias.
- **Diseño y dimensionado de la instalación:** con objeto de garantizar la calidad de la instalación de alumbrado se indican los datos mínimos que deben incluir los proyectos y los parámetros de iluminación se confían a la Norma **UNE 12464-1**, relativa a "Iluminación de los lugares de trabajo en interior", con lo que se convierte en norma de obligado cumplimiento.
- **Características de los productos de la construcción:** en este apartado se establecen los valores máximos de consumo para cada tipo de punto de luz. Para las lámparas fluorescentes se confirman los valores recogidos en el Real Decreto 838/2002, de 2 de agosto, que establece que a partir del mes de agosto de 2007 no se podrán comercializar balastos que no sean de bajas

pérdidas o alta frecuencia. Todas las luminarias deberán contar con un certificado del fabricante que acredite la potencia total consumida.

- **Mantenimiento y conservación:** se hace obligatorio que todas las instalaciones tengan un plan que garantice el mantenimiento de los niveles de eficiencia energética y los parámetros de iluminación. Este documento incluirá, entre otras informaciones, el período de reposición de las lámparas y la limpieza de las luminarias.

Además, en otro documento básico HE 5 – Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica, se indica que en los edificios donde no se pueda instalar un sistema de captación de energía solar por procedimientos fotovoltaicos, se debe proveer al edificio de un modo alternativo de ahorro eléctrico equivalente a la potencia fotovoltaica que se debería instalar. Entre los modos indicados para conseguir este ahorro suplementario está el ahorro de energía en la iluminación.

Balastos para lámparas fluorescentes

La Directiva Europea 2000/55/CE, de 18 de septiembre, relativa a los requisitos de eficiencia energética de los balastos de lámparas fluorescentes tiene como finalidad la reducción del consumo energético en iluminación y establece la eliminación de los balastos que no cumplan unos valores mínimos de eficiencia

Los balastos se clasifican, en función del Índice de Eficiencia Energética (IEE) según el consumo de la combinación balasto-lámpara, en los siguientes tipos:

A1 Balastos electrónicos regulables.
A2 Balastos electrónicos con pérdidas reducidas.
A3 Balastos electrónicos.
B1 Balastos magnéticos con pérdidas muy bajas.
B2 Balastos magnéticos con bajas pérdidas.
C Balastos magnéticos con pérdidas moderadas.
D Balastos magnéticos con pérdidas muy altas.

Tomando como un ejemplo una lámpara de 36 W (T8), la potencia consumida en función de la clase de balasto es la siguiente:

Clase de Balasto	Potencia de red (W)
A1	≤ 19/38 W (25 % - 100 %)
A2	≤ 36 W
A3	≤ 38 W
B1	≤ 41 W
B2	≤ 43 W
C	≤ 45 W
D	> 45 W

La Directiva establece la prohibición y comercialización de los balastos de clase D desde Mayo de 2002 y la de los balastos de clase C desde Noviembre de 2005.

7 ILUMINACIÓN EFICIENTE

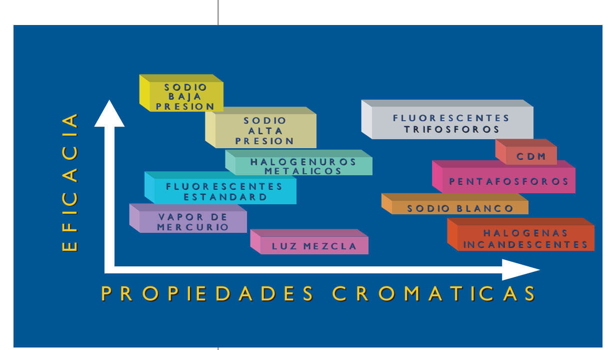
Un sistema de alumbrado energéticamente eficiente permite obtener una importante reducción del consumo, sin necesidad de disminuir sus prestaciones de calidad, confort y nivel de iluminación.

En la eficiencia de la iluminación influyen:

— Eficiencia energética de los componentes (lámparas, luminarias, equipos auxiliares).
— Uso de la instalación (régimen de utilización, utilización de sistemas de regulación y control, aprovechamiento de la luz natural).
— Mantenimiento (limpieza, reposición de lámparas).

ELECCIÓN DE LOS COMPONENTES

En función de las necesidades del local a iluminar, se eligen las fuentes de luz, equipos auxiliares y luminarias.



Elección de Fuentes de Luz

Además de por sus características luminotécnicas, las fuentes de luz han de elegirse por su eficacia luminosa. La siguiente figura muestra una comparación de los distintos tipos de lámparas en función de su eficacia luminosa y propiedades cromáticas.

Las lámparas incandescentes presentan el mayor índice de reproducción cromática (Ra = 100) y una temperatura de color de 2.700 K; sin embargo, su eficacia luminosa es muy baja. En el caso de las lámparas fluorescentes la tem-

peratura de color puede variar de 2.700 K a 6.500 K, esto viene indicado en la descripción de la lámpara. Por ejemplo, en la lámpara TLD 36 W/**830** el primer digito (8) indica la reproducción cromática, en este caso estará entre 80 y 89, y los dos siguientes dígitos (30) indican la temperatura de color (3.000 K).

Las lámparas fluorescentes con polvos trifósforos, mejoran considerablemente la eficacia de la fluorescencia estándar.

Elección del equipo auxiliar

El equipo auxiliar influye de forma determinante en la eficiencia energética del conjunto. Los balastos electrónicos ofrecen numerosas ventajas respecto a los electromagnéticos, tanto en confort de iluminación como en lo que a ahorro energético se refiere:

- Reducción del 25 % de la energía consumida, respecto a un equipo electromagnético.
- Incremento de la eficacia de la lámpara.
- Incremento de la vida de las lámparas hasta del 50 %.
- Encendido instantáneo y sin fallos.
- Luz más agradable, sin parpadeo ni efecto estroboscópico, mediante el funcionamiento a alta frecuencia. Reducción de los dolores de cabeza y el cansancio de la vista, atribuidos al parpadeo producido por los balastos magnéticos.
- Aumento del confort general eliminándose los ruidos producidos por el equipo electromagnético.
- Mayor confort, permitiendo ajustar el nivel de luz según las necesidades.
- Posibilidad de conectarse a sensores de luz y ajustar en automático la intensidad de luz de la lámpara, y mantener un nivel de luz constante.

Elección de las luminarias

La distribución de la luz puede tener dos funciones diferenciadas, una funcional donde lo importante es dirigir la luz de forma eficiente, y otra decorativa para crear un determinado ambiente y resaltar ciertos elementos. Una iluminación adecuada y eficiente conseguirá un compromiso entre ambas funciones.

El empleo de más de un tipo de luminaria, unas para proporcionar una iluminación ambiental general y otras para una iluminación localizada, permite adaptarse de una forma más eficiente a las necesidades del local o habitación.

Además, hay que tener en cuenta el rendimiento de la luminaria, de forma que refleje y distribuya mejor la luz, ya que cuánto mayor rendimiento menor potencia será necesario instalar. Las luminarias con reflector de aluminio de tipo especular son las de mejor rendimiento.

APROVECHAMIENTO DE LA LUZ NATURAL

Además de crear un ambiente agradable, el aprovechamiento de la luz natural permite una considerable reducción del consumo de energía eléctrica y, por tanto, un ahorro sustancial de energía, ya que en determinados momentos, y con un buen diseño, permite reducir el uso de iluminación artificial.

La presencia de luz natural depende de la profundidad de la habitación, el tamaño y localización de las ventanas y techos de luz, el sistema de acristalamiento y cualquier obstrucción externa. Normalmente estos factores se fijan en la etapa inicial de diseño del edificio. Una planificación y diseño apropiados en esta primera etapa pueden producir un edificio que será más eficiente energéticamente.

Los sensores de luz (fotocélulas) regulan automáticamente el alumbrado artificial en función del aporte de luz natural, bien apagando o encendiendo la iluminación cuando el nivel está por debajo o por encima de un valor, o bien regulando la iluminación artificial de forma progresiva.

Estos sistemas permiten alcanzar ahorros de hasta el 60 %, su instalación es conveniente en las luminarias próximas a las ventanas y de forma más atenuada en el resto.

SISTEMAS DE REGULACIÓN Y CONTROL

Los sistemas de regulación y control apagan, encienden y regulan la luz según interruptores, detectores de movimiento y presencia, células fotosensibles o calendarios y horarios preestablecidos. Permiten un mejor aprovechamiento de la energía consumida, reduciendo los costes energéticos y de mantenimiento, además de dotar de flexibilidad al sistema de iluminación. El ahorro energético conseguido al instalar este tipo de sistemas puede ser de hasta un 70 %.

Como no todas las zonas requieren el mismo tratamiento, es importante controlar las luminarias de cada zona mediante circuitos independientes. Por ejemplo, las luminarias que se encuentren próximas a las ventanas deben poder regularse en función de la luz natural de distinta forma que el resto de las luminarias de una sala o habitación.

El sistema de control más sencillo es el **interruptor manual**. Su uso correcto, apagando la iluminación en periodos de ausencia de personas, permite ahorros significativos, más aún cuando en una misma sala hay varias zonas controladas por interruptores distintos de forma que una pueda estar apagada aunque otras estén encendidas.

Existen **interruptores temporizados** que apagan la iluminación tras un tiempo programado y que son más convenientes en lugares dónde las personas per-

manecen un tiempo limitado. Por ejemplo, el hall de un edificio de viviendas o los servicios o escaleras de un edificio de oficinas.

Los **detectores de presencia o movimiento** encienden la iluminación cuando detectan movimiento y lo mantienen durante un tiempo programado. Son muy útiles para zonas de paso o permanencia de personas durante poco tiempo. Por ejemplo, en un edificio de viviendas se obtiene un elevado ahorro al instalar estos detectores en las escaleras, de forma que la iluminación se vaya encendiendo por zonas en lugar de encenderse todas las plantas a la vez.

En los edificios del sector terciario, por ejemplo edificios de oficinas o edificios comerciales, en los que existe un horario definido, es posible encender y apagar la iluminación automáticamente por **control horario**, en función de los distintos días de la semana, incluyendo los tiempos libres (comidas, etc.), haciendo distinción entre fines de semana y días laborables, o incorporando periodos festivos.

En estos edificios destinados a usos múltiples (oficinas, hoteles, etc.) es interesante disponer de un sistema que permita el manejo y el control energético de las instalaciones de iluminación, de forma similar a los implantados para otras instalaciones como las de climatización. El **control centralizado**, compuesto por detectores (células fotoeléctricas, detectores de presencia, etc.) y por una unidad central programable, supone una serie de ventajas, entre las que destacan:

— Posibilidad de encendido/apagado de zonas mediante órdenes centrales, bien sean manuales o automáticas.
— Modificación de circuitos de encendido a nivel central sin obras eléctricas.
— Monitorización de estado de los circuitos y consumos de los mismos.

GESTIÓN Y MANTENIMIENTO ENERGÉTICO

El paso del tiempo hace que disminuya la eficiencia energética de la iluminación debido a la depreciación del flujo luminoso de las lámparas a lo largo de su vida útil y la suciedad acumulada en las luminarias. Un mantenimiento de la iluminación permite alcanzar ahorros de hasta el 50 %.

El mantenimiento incluye:

— Limpieza de las luminarias
— Sustitución de lámparas. Debe hacerse al final de la vida útil indicada por el fabricante, ya que, aunque no hayan fallado, su eficacia habrá disminuido. En grandes instalaciones es aconsejable sustituir las lámparas por grupos en lugar de individualmente para mantener los niveles de iluminación adecuados.

— Revisión periódica del estado de los distintos componentes de la instalación

Las grandes instalaciones han de tener una gestión del alumbrado, prestando atención a:

— Seguimiento de los planes de mantenimiento (limpiezas, reposiciones de lámparas por grupos, etc.).
— Control de horarios de funcionamiento.
— Control de consumos y costes.
— Seguimiento de la tarificación.

BUENAS PRÁCTICAS

A continuación se describe a modo de resumen una serie de buenas prácticas para conseguir una iluminación eficiente que ahorre energía:

Sector Residencial
— Aproveche al máximo la iluminación natural. — Aproveche al máximo la iluminación natural. — Colores claros en paredes y techos permiten aprovechar al máximo la luz natural y reducir el nivel de iluminación artificial. — No deje luces encendidas en habitaciones que no se estén utilizando. — La limpieza periódica de las lámparas y luminarias permite aumentar la luminosidad sin aumentar la potencia. — Sustituya las lámparas incandescentes por lámparas de bajo consumo. Ahorran hasta un 80 % de energía y duran hasta 15 veces más manteniendo el mismo nivel de iluminación. Sustituya primero aquellas que van a estar mayor tiempo encendidas. — Adapte la iluminación a sus necesidades dando preferencia a la iluminación localizada, además de ahorrar energía conseguirá ambientes más confortables. — Coloque reguladores de intensidad luminosa de tipo electrónico. — Use fluorescentes donde necesite más luz durante muchas horas, por ejemplo en la cocina. — En zonas comunes (vestíbulos, garajes, etc.) es conveniente colocar detectores de presencia o interruptores temporizados de forma que la luz se apague y se encienda automáticamente. Es recomendable, en este caso, la colocación de lámparas incandescentes o lámparas de bajo consumo con equipos electrónicos de precaldeo.

Sector Terciario

— Aproveche al máximo la iluminación natural mediante la instalación de células fotosensibles que regulen la iluminación artificial en función de la cantidad de luz natural, o independizando los circuitos de las lámparas próximas a las ventanas o claraboyas.
— Establezca circuitos independientes de iluminación para zonificar la instalación en función de sus usos y diferentes horarios.
— En grandes instalaciones los sistemas de control centralizado permiten ahorrar energía mediante la adecuación de la demanda y el consumo además de efectuar un registro y control que afecta tanto a la calidad como a la gestión de la energía consumida.
— Instale detectores de presencia temporizados en los lugares menos frecuentados (pasillos, servicios, almacenes, etc.).
— Una fuente de ahorro importante es instalar programadores horarios que apaguen o enciendan las luces a una determinada hora.
— Elija siempre las fuentes de luz con mayor eficacia energética en función de sus necesidades de iluminación.
— Emplee balastos electrónicos, ahorran hasta un 30 % de energía, alargan la vida de las lámparas un 50 % y consiguen una iluminación más agradable y confortable.
— Realice un mantenimiento programado de la instalación, limpiando fuentes de luz y luminarias y reemplazando las lámparas en función de la vida útil indicada por los fabricantes.

8 EJEMPLOS PRÁCTICOS

PROGRAMA GREENLIGHT

El Programa GreenLight de la Comisión Europea, puesto en marcha en Febrero de 2000 y de carácter voluntario, tiene como objetivo reducir el consumo en iluminación interior en el sector de edificios no residencial (público y privado) y en alumbrado público. De esta forma se trata de reducir el nivel de contaminación y limitar el calentamiento global.

Las empresas y organizaciones adheridas a este programa se comprometen a mejorar la iluminación de sus edificios instalando la tecnología de iluminación más eficiente energéticamente disponible en el mercado, llegando a resultados de entre un 30 % y un 50 % de ahorro de electricidad. Estas empresas reciben el reconocimiento de la Comisión Europea mediante un distintivo que podrán exponer en los edificios.

Algunos ejemplos de los resultados conseguidos bajo este programa son los siguientes:

IDAE

El IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía) se encarga de coordinar el programa GreenLight a nivel nacional prestando su asesoramiento a las empresas participantes y divulgando públicamente las acciones llevadas a cabo. Además de la función coordinadora, el IDAE, como socio del programa, ha mejorado el sistema de iluminación de su sede, situada en la calle Madera de Madrid.

El edificio fue reformado para adecuarlo a las necesidades del Instituto, llevándose a cabo entre otras actuaciones, las mejoras necesarias en la iluminación para cumplir los requisitos del programa europeo GreenLight.

Las actuaciones realizadas han sido las siguientes:

- Sustitución de las luminarias existentes por otras más eficientes. De esta forma se redujo el número de luminarias instaladas, disminuyendo el consumo eléctrico.
- Zonificación de las distintas áreas de trabajo, de forma que no es preciso iluminar la totalidad de las plantas a la vez, sino sólo aquellas que es preciso en cada momento.
- Aprovechamiento de la luz natural. En la planta ático (la de mayor insolación) se instalaron fotosensores en aquellas luminarias próximas al patio central y a la calle. Sólo cuando es necesario, las lámparas funcionan al 100 % de su flujo.
- En las zonas de escaleras y baños se instalaron interruptores temporizados.

	Instalación Antigua	Instalación Nueva
Luminaria predominante (zonas de trabajo)	2 x 55 W (116 W)	3 x 14 W (42 W)
Reactancia	Electrónica	Electrónica
Potencia instalada (W)	83.316	46.572
Consumo (kWh/año)	237.462	84.785
Coste inicial (€)	128.000	128.000
Coste anual de explotación (€/año)	13.344	4.765

Mediante estas actuaciones se han conseguido los siguientes resultados:

Resultados	
Reducción de kW instalados	50 %
Reducción en el consumo eléctrico	64 %

Supermercado Super U

Super U (Francia) cambió el concepto de iluminación para sus nuevos supermercados. Hasta hace poco, las nuevas tiendas estaban provistas de lámparas fluorescentes de 26 mm de diámetro con balastos electromagnéticos y reflectores industriales con lamas y reflector blancos. Las luminarias estaban colocadas normalmente a una altura de 5 m, y distribuidas de forma que los niveles de luz sobrepasaban los 1.000 lux. Su nuevo concepto de iluminación consiste en disminuir los adornos y en el uso de lámparas de 16 mm de diámetro con balastos electrónicos y luminarias con lamas de baja luminancia. Los niveles

de iluminación se reducen a 600 lux, y un tercio o dos terceras partes de la iluminación general pueden apagarse cuando es necesaria menos luz.

Los resultados en una de sus tiendas son los mostrados en la tabla siguiente. La comparación se ha realizado con una instalación nueva hecha antes de la unión al programa GreenLight.

Resultados	
Ahorro de energía eléctrica en iluminación	78.680 kWh/año
Reducción de potencia	15,6 kW
Reducción de electricidad usada en las áreas cubiertas	36 %
Ahorro en energía	5.901 €/año
Periodo de amortización	3 años y 6 meses

Oficinas en Noruega

En el edificio de oficinas "Vital Eiendomsforvalting As" se sustituyó la instalación de iluminación por otra más eficiente. Los resultados conseguidos son los siguientes:

Instalación antigua	Instalación nueva
Sustitución de fuentes de luz	
2 x 36 W (T8)	1 x 49 W (T5)
1 x 36 W (T8)	1 x 28 W (T5)
30,8 W/m^2	10,2 W/m^2
Consumo anual de energía	
1.200.000 kWh	400.000 kWh
Resultados	
Reducción de kW instalados	60 %
Reducción de las horas de uso	20 %
Reducción en el consumo de energía	67 %
Periodo de amortización	4 años

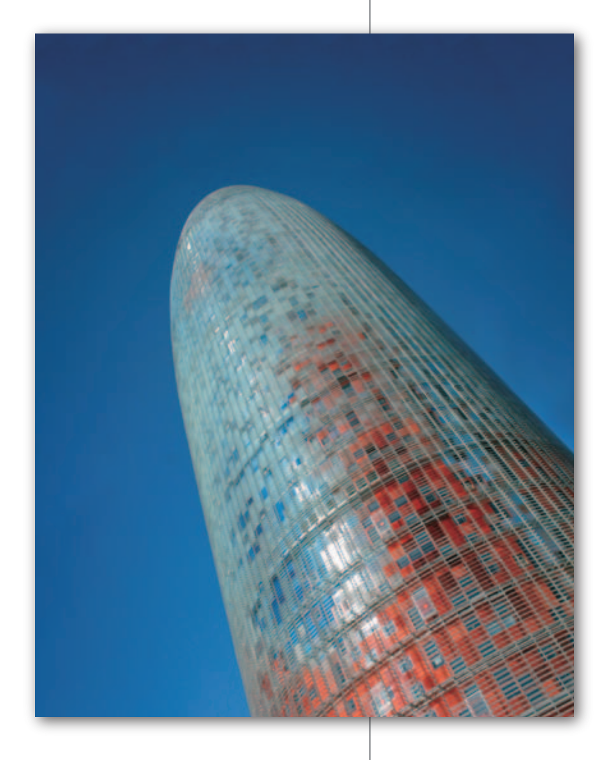
Carrefour Italia

En este caso se cambiaron todas las antiguas e ineficientes luminarias suspendidas. Se sustituyeron por nuevos elementos, equipados con reflectores y lámparas fluorescentes lineales de 26 mm de diámetro (2 x 58 W). Estas lámparas funcionan con balastos electrónicos y son reguladas en función de la luz natural dentro del edificio. También son reguladas antes y después de las horas de apertura y cierre cuando únicamente está presente el personal.

Comparando con la antigua instalación de iluminación, la nueva asegura obtener la misma cantidad de iluminación, además de los siguientes ahorros:

Resultados	
Ahorro de energía eléctrica en iluminación	423.000 kWh/año
Reducción de potencia	80 kW
Reducción de electricidad usada en las áreas cubiertas	31 %
Ahorro en energía	42.300 €/año
Periodo de amortización (teniendo en cuenta, en el coste del equipo, la instalación del mismo)	3 años

TORRE AGBAR (Aguas de Barcelona)



La Torre Agbar de Barcelona representa un ejemplo clarísimo de aprovechamiento de la luz natural. Su diseño se caracteriza por no existir ningún obstáculo exterior que dificulte la entrada de luz, además no se han instalado cortinas, estores o similares.

La fachada está acristalada en su totalidad con lamas de cristal de distintas inclinaciones y distintas tonalidades en función de la zona de la torre.

La iluminación está regulada en su totalidad en función del aporte de luz natural, a través de detectores de movimiento y sistemas de control horario.

Los balastos empleados son electrónicos lo que permite una regulación del nivel de iluminación de 3-100 %.



La triple regulación permite un ahorro energético considerable:

— Si sólo se tiene en cuenta la regulación por aporte de luz natural, se ahorra un 42 %.
— Si además se regula gracias a detectores de movimiento, el ahorro es del 50 %.
— Si a los anteriores se les une el control horario, el ahorro sube hasta el 60 %.

Este ahorro energético se traduce en un importante ahorro económico:

ACCIÓN	COSTE
Inversión	330.000 € → 1.029 €/kW
Regulación para aprovechamiento de luz natural	225.000 €
Pasar de luminarias no regulables a luminarias regulables	65.000 €
Cableado	40.000 €
AHORRO TOTAL	65.000 €/año
Sólo por regulación por luz natural	42.153 €/año

Los costes de mantenimiento y reposición se ven reducidos entre un 40 y un 60 % respecto a los que se tendría de no haber instalado los sistemas de regulación.

El periodo de retorno de la inversión está cifrado en 4,5 años.

LA COMUNIDAD AHORRA (La Casa Encendida)

La Casa Encendida ha llevado a cabo un concurso, denominado "La Comunidad Ahorra", en el que han participado varias comunidades de vecinos con el objetivo de disminuir el consumo energético en gas natural y electricidad. Para ello se ha distribuido a los participantes un "Manual de Ahorro Energético" con una serie de acciones para reducir el consumo energético tanto en sus hogares como en las zonas comunes de los edificios. Para las tres comunidades que consiguieron un mayor ahorro energético el premio ha sido la instalación de paneles solares fotovoltaicos para la venta de electricidad.

Las actividades han estado orientadas a conseguir ahorros en los sistemas de calefacción, los sistemas de agua caliente, en los electrodomésticos y en la iluminación.

Las mediciones se han realizado durante los seis primeros meses de 2005, periodo en el cual, los participantes han desarrollado tanto acciones de concienciación de los vecinos en el buen uso de las instalaciones, como inversiones en equipamientos comunes, como es la instalación de fuentes de luz de bajo consumo. Los resultados obtenidos han sido positivos, comparándolos con los del mismo periodo de 2004, ya que la mayor parte de las comunidades participantes han estado por debajo del incremento del consumo energético español en este periodo. Mientras el consumo de gas natural se incrementó en cerca del 6 % (enero - junio) y el de energía eléctrica en un 9 % (enero - abril) en España, algunas de las comunidades participantes han reducido su consumo (- 3,2 %) o lo han incrementado en un porcentaje menor que la media nacional (3,12 %).



En la comunidad de vecinos ganadora formada por 30 viviendas se ha conseguido un ahorro global del **3,82 %**. Los vecinos aplicaron medidas individuales sencillas como apagar las luces que no se usan, utilizar lámparas de bajo consumo, etc. En las zonas comunes del edificio se cambiaron las lámparas de las farolas por las de bajo consumo y por luminarias que dirigen todo el haz de luz hacia abajo.

En la segunda comunidad de vecinos con menor ahorro, formada por 110 vecinos, las acciones realizadas, en lo que a iluminación se refiere, fueron las siguientes: se colocaron en las llaves de la luz de los portales temporizadores de menor duración que los ya existentes (éstos se mantuvieron), se cambió la iluminación de las escaleras para que se encienda piso por piso en lugar de todas las plantas, en las farolas del patio central se colocaron lámparas de bajo consumo, y se instaló un sistema para que los fluorescentes se enciendan alternativamente en el garaje.

ILUMINACIÓN EFICIENTE EN ORCASITAS

Dentro de la campaña **"Madrid Ilumina Ahorrando Energía"** de la Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid y el proyecto europeo Proefficiency (Equipos Ecoeficientes de Iluminación y Frío) coordinado por la consultoría Escan, se ha suscrito un acuerdo con la Asociación de Vecinos de Orcasitas para poner en marcha un proyecto piloto de uso y promoción de lámparas de bajo consumo.



El objetivo del proyecto "Iluminación Eficiente en Orcasitas" es reducir el consumo eléctrico y demostrar las ventajas de duración y comodidad que ofrecen este tipo de lámparas.

En el proyecto participan doscientas cincuenta familias de este barrio, a cada una de las cuales se les han entregado cuatro lámparas fluorescentes compactas para que sustituyan sus bombillas incandescentes, además de darles consejos prácticos para consumir menos energía en iluminación. Durante los años 2006 y 2007 se analizarán los ahorros obtenidos y el efecto de difusión de este cambio en los vecinos y su entorno próximo.

Las lámparas entregadas son de 20 W, equivalentes a una bombilla incandescente de 100 W y con una duración de hasta 12 veces más.

Mediante la sustitución de las bombillas incandescentes por lámparas de bajo consumo, los vecinos ahorrarán 80.000 kWh anuales, es decir, aproximadamente 8.000 € cada año en sus facturas de energía eléctrica. También evitarán la emisión a la atmósfera de 33,6 toneladas de CO_2.



EDIFICIO DE OFICINAS (EADS-CASA)

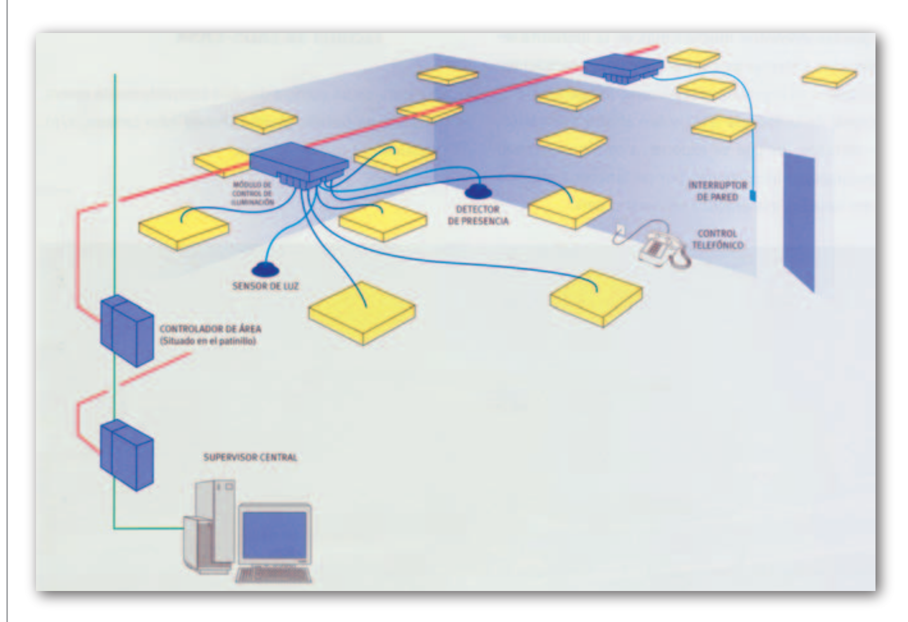


El edificio de oficinas en la factoría EADS-CASA se trata de un edificio de nueva construcción que cuenta con la totalidad del alumbrado regulado, salvo en los aseos y halls de entrada.

La regulación es de dos tipos:

- Regulación en función del aporte de luz natural, posible gracias a las cristaleras de grandes dimensiones de que dispone el edificio.
- Regulación del nivel de iluminación, ya que el nivel instalado (700 lux) es superior al nivel mantenido requerido para el alumbrado de oficinas (500 lux).

En el sistema de regulación se han empleado dos tipos de luminarias, ambas con lámpara fluorescente compacta y balasto electrónico.



Para realizar la regulación se han instalado dos tipos de sensores:

- **Sensores de luz internos**, para mantener el nivel requerido de iluminación (500 lux) en cualquier situación, tanto si existe aporte de luz natural como si no.
- **Sensores de movimiento**, para regular a un porcentaje determinado el alumbrado cuando no existe presencia en la zona durante el horario laboral, y apagarlo fuera del horario normal de trabajo.

En total, el edificio cuenta con una potencia instalada en iluminación de 9,85 W/m^2, de los que se encuentran regulados 185,7 kW (2.564 luminarias).

Mediante el software del sistema de regulación es posible conocer el número de horas de funcionamiento totales de las lámparas en un periodo determinado, a través de un contador que va acumulando las horas que han estado encendidas cada una de las luminarias. De igual forma, si las lámparas han estado variando su flujo luminoso obedeciendo a los sensores de luz internos, el sistema calcula las horas equivalentes de funcionamiento de las lámparas funcionando al 100 % de su flujo.

Los cálculos de ahorro se han realizado durante el mes de Octubre de 2003 en la 2ª planta del edificio que cuenta con 641 luminarias reguladas. Las luminarias han estado encendidas un promedio de 6,6 horas diarias. La suma total de las horas que han estado funcionando las luminarias es, aproximadamente, de 101.850 horas.

Gracias a la regulación, las lámparas han funcionando por debajo de su flujo máximo, esto equivale a 50.566 horas funcionando al 100 % del flujo. Por

tanto, se puede deducir que el ahorro en consumo de energía eléctrica es del **51 %**. De este ahorro el 25 % es debido a la regulación para disminuir el nivel de iluminación de 700 a 500 lux, y el 26 % es debido al aprovechamiento de la luz natural.

AUDITORÍAS ENERGÉTICAS DE ILUMINACIÓN



Las auditorías energéticas realizadas en comunidades de propietarios de las localidades de Alcalá de Henares y Coslada demuestran que pequeñas acciones de mejora de la iluminación con bajo coste suponen ahorros importantes de energía eléctrica.



Estas auditorías fueron realizadas en el año 2003 obteniéndose los siguientes resultados:

ALCALÁ DE HENARES					
Portal	**Acción**	**Ahorro (kWh)**	**Ahorro (€/año)**	**Inversión (€)**	**Periodo de Amortización (años)**
66	Sustituir bombillas incandescentes por lámparas fluorescentes compactas en plantas y escaleras (32 unidades)	2.200	264	200	0,7
66	Sustituir los fluorescentes T8 por fluorescentes más eficientes T5 en la entrada, disminuyendo puntos de luz (24 unidades por 15 unidades)	960	125	45	0,3
66	Sustituir fluorescentes y luminarias por unos de mayor rendimiento en el garaje	5.604	658	2.850	4,3
67, 69, 71	Sustituir bombillas incandescentes por lámparas fluorescentes compactas en plantas y escaleras (90 unidades)	5.239	628	450	0,7
67, 69, 71	Sustituir fluorescentes por unos de mayor rendimiento en el garaje (48 unidades por 30 unidades)	960	125	45	0,3
90-15	Sustituir bombillas incandescentes por lámparas fluorescentes compactas en plantas y escaleras (64 unidades)	2.580	360	320	0,9
90-15	Sustituir fluorescentes por unos de mayor rendimiento en el garaje (33 unidades por 20 unidades)	1.240	149	60	0,4
TOTAL		**18.783**	**2.309**	**3.970**	**1,72**

COSLADA					
Portal	**Acción**	**Ahorro (kWh)**	**Ahorro (€/año)**	**Inversión (€)**	**Periodo de Amortización (años)**
Portal 7	Sustituir bombillas incandescentes por lámparas fluorescentes compactas en plantas, escaleras y entrada (15 unidades)	1.024	123	75	0,6
Portales 9-11	Sustituir bombillas incandescentes por lámparas fluorescentes compactas en plantas, escaleras y entrada (28 unidades)	5.345	748	140	0,2
Portal 11A	Sustituir bombillas incandescentes por lámparas fluorescentes compactas en plantas, escaleras y entrada (12 unidades)	968	116	60	0,5
Portales 13-21	Sustituir bombillas incandescentes por lámparas fluorescentes compactas en plantas, escaleras y entrada (77 unidades)	13.000	1.950	385	0,3
Común	Reemplazar fluorescentes T8 por T5 (97 por 60 unidades) en garajes externos	4.823	366	180	0,5
Común	Reemplazar lámparas de luz mezcla de 160 W por LFC de 23 W en postes del alumbrado exterior (72 unidades)	22.500	1.710	828	0,5
TOTAL		**47.660**	**5.013**	**1.668**	**0,3**



Además de por la instalación de lámparas más eficientes, los ahorros económicos y eléctricos se obtienen por disminución de la potencia instalada, por aumento de la vida útil de las lámparas y por disminución en los costes de mantenimiento.

REGULACIÓN DEL FLUJO LUMINOSO

En varios edificios municipales dónde se han realizado auditorias energéticas, se ha recomendado la instalación de sistemas controladores de luz en las luminarias.



Estos equipos regulan el flujo luminoso en función de la cantidad de luz existente en cada momento permitiendo alcanzar ahorros de hasta un 25 % en el consumo eléctrico de las lámparas y aumentar su vida útil.

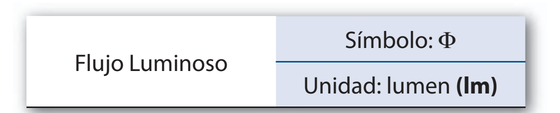
Como ejemplo, en un colegio público, mediante 25 controladores de este tipo es posible gestionar las 400 luminarias existentes en clases y zonas con ventanas al exterior. La inversión necesaria es aproximadamente de 2.700 €, consiguiéndose ahorros de 14.000 kWh/año (1.120 €/año).

ANEXO 1: GLOSARIO DE TÉRMINOS

MAGNITUDES FUNDAMENTALES

Flujo Luminoso

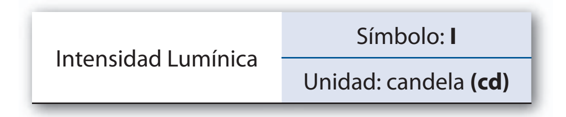
Las fuentes de luz se comportan como emisores de radiación electromagnética, emitiendo un flujo energético. El flujo luminoso es la cantidad de flujo energético en las longitudes de onda para las que el ojo humano es sensible emitido por unidad de tiempo, es decir, expresa la cantidad de luz emitida por la fuente por segundo.



Flujo Luminoso	Símbolo: Φ
	Unidad: lumen **(lm)**

Intensidad Lumínica

Flujo emitido por una fuente de luz en una determinada dirección del espacio. La dirección se indica mediante el ángulo sólido (ϖ) o ángulo estéreo que corresponde a un cono cuyo eje es la dirección en que se considera la intensidad, medido en estereorradianes.



Intensidad Lumínica	Símbolo: **I**
	Unidad: candela **(cd)**

Iluminancia

La Iluminancia o Nivel de Iluminación indica el flujo luminoso que recibe una superficie por unidad de área.

Iluminancia	Símbolo: **E**	
	Unidad: **lux (lm/m²)**	

Se define la Iluminancia Mantenida (Em) como el valor por debajo del cual no se permite que caiga la iluminancia media en una superficie determinada, para la adecuada realización de una tarea.

Luminancia

Relación entre la intensidad luminosa de un objeto y su superficie aparente vista por el ojo, es equivalente al "brillo de una superficie". Esta magnitud se aplica cuando se mira a una fuente de luz (luminancia directa) o a luz reflejada por una superficie (luminancia reflejada).

Luminancia	Símbolo: **L**
	Unidad: **cd/m²**

Contraste

Diferencia de luminancias entre los objetos y su alrededor, necesaria para poder distinguirlos.

Deslumbramiento

El deslumbramiento es la sensación producida por áreas brillantes intensas dentro del campo de visión y puede ser experimentado como deslumbramiento molesto o perturbador. El deslumbramiento causado por la reflexión en superficies es conocido como deslumbramiento reflejado.

Índice de Deslumbramiento Unificado (UGR, Unified Glare Rating)

Índice para cuantificar el deslumbramiento ocasionado directamente por las fuentes de luz. Toma valores entre 10 y 31, siendo mayor el deslumbramiento cuanto más alto sea el valor obtenido

Color

Se percibe la sensación de color en los objetos debido a la luz que, directamente desde una fuente, o por reflexión en los objetos, incide en nuestras retina.

Dentro del espectro electromagnético de "luz visible" existen subzonas que se distinguen precisamente por la sensación visual de color que ocasionan en el ojo humano (verde, amarillo, naranja, etc.).

El color de los objetos está influenciado en gran medida por las propiedades cromáticas de las fuentes de luz utilizadas.

Índice de Reproducción Cromática (Ra, IRC)

Define la capacidad de una fuente de luz para reproducir el color de los objetos que ilumina. Toma valores entre 0 y 100, correspondiendo valores más altos de índice a mayor calidad de reproducción cromática. La norma UNE-EN 12464-1:2003 sobre iluminación para interiores no recomienda valores de Ra menores de 80 para iluminar interiores en los que las personas trabajen o permanezcan durante largos periodos.

Temperatura de Color

La temperatura de color es la apariencia subjetiva de color de una fuente de luz, es decir, es el color que percibe el observador de la luz. Se distinguen:

Luz Cálida	T < 3.300 K
Luz Neutra	3.300 K < T < 5.300 K
Luz Fría	T > 5.300 K

VISIÓN E ILUMINACIÓN

Confort visual

Característica que manifiesta la ausencia de perturbaciones procedentes del entorno visual.

Parpadeo

Impresión de intermitencia, alternancia o variación en la presentación de la luz.

Efecto estroboscópico

Inmovilización aparente o cambio del movimiento de un objeto al ser iluminado con luz de una determinada frecuencia temporal e intensidad.

Campo visual

Extensión del espacio físico visible desde una posición dada.

Entorno visual

Espacio que puede ser visto desde una posición moviendo la cabeza y los ojos.

Reflector

Parte de una luminaria que modifica la distribución de luz de una lámpara sin alterar la longitud de onda de sus componentes monocromáticas.

Iluminación general

Iluminación diseñada para iluminar todo con la misma iluminancia aproximadamente.

Iluminación localizada

Iluminación diseñada para iluminar un interior y a la vez proveer de mayor iluminancia a una zona particular.

CONTROL Y REGULACIÓN

Detector de presencia

Detecta el movimiento en función de la radiación térmica del cuerpo humano. Aunque existen de otro tipo, por ejemplo volumétricos, en aplicaciones de alumbrado se emplean los de tipo infrarrojo.

Fotocélula

Denominado, también, sensor de luz. Dispositivo fotovoltaico que genera una salida en función de la cantidad de luz que recibe. Pueden ser externas, se instalan en el exterior del edificio, o internas que, instaladas en el techo de la sala o local, generalmente se emplean para mantener lo más constante posible el nivel de iluminación de la sala u oficina mediante un circuito cerrado de control.



Programas de regulación

Combinación de situaciones de iluminación, almacenadas en una memoria, que pueden activarse mediante una orden, por ejemplo, pulsando un botón.

Regulador de luz

Dispositivo que permita variar el flujo luminoso de las fuentes de luz en una instalación de alumbrado. Responde a un sistema de mando que recibe, como entrada, la salida de los diferentes dispositivos de control.

EQUIPOS AUXILIARES

Factor de Potencia

Término utilizado para describir la cantidad de energía eléctrica que se ha convertido en trabajo útil. Indica la eficiencia del uso de la energía eléctrica. Toma valores entre 0 y 1, de forma que un $\cos \varphi = 1$ indica que toda la energía consumida por los equipos se ha convertido en trabajo útil. A menor valor del factor de potencia, mayor consumo de energía es necesario para producir trabajo útil. El factor de potencia está normalizado a un valor mínimo de 0,9, por debajo del cual la compañía eléctrica aplica una penalización económica.

ECC (Equipos de Conexión Convencional)

Equipos auxiliares para el funcionamiento de las fuentes de luz, basados en aparatos electromagnéticos.

ECE (Equipos de Conexión Electrónicos)

Equipos auxiliares para el funcionamiento de las fuentes de luz, basados en aparatos electrónicos. Estos equipos presentan grandes ventajas energéticas frente a los equipos convencionales.

ANEXO 2: RESUMEN DE LÁMPARAS Y PRINCIPALES PROPIEDADES

Tipo de lámpara	Características	Observación
Lámparas incandescentes	La luz se produce por la elevación de la temperatura del filamento	Se pueden conectar directamente a la red, sin necesidad de ningún accesorio eléctrico
Lámparas halógenas a tensión de red	Técnica incandescente con halógenos	Se pueden conectar directamente a la red
Lámparas halógenas a baja tensión	Técnica incandescente con halógenos	Necesitan transformador
Lámparas fluorescentes (Diámetro 26 mm)	(1)	Funcionan con ECC y ECE
Lámparas fluorescentes (Diámetro 16 mm)	(1)	Funcionamiento sólo con ECE
Lámparas Fluorescentes compactas sin equipo incorporado	(1)	Funcionamiento con ECC
		Funcionamiento con ECE
Lámparas fluorescentes compactas con equipo electrónico incorporado	( )	Equipo de conexión electrónico (ECE)

[1] La radiación ultravioleta que produce la descarga de vapor de mercurio a baja presión se transforma en radiación visible de onda más larga, de encendido rápido, de encendido instantáneo, y de encendido electrónico.
[*] Valores de lúmenes con ECC.

Potencias (W)	Flujo luminoso (lm)	Eficacia luminosa (lm/W)	Ra	Tª Color (K)	Vida media (h)	Aplicación
15-500	90-8.400	6-16,8	100	2.700	1.000	General Localizada
25-2.000	260-44.000	10,4-22	100	3.000-3.200	3.000	General Localizada Decorativa
5-100	60-2.200	12-22	100	3.000-3.300	2.000-5.000	General Localizada Decorativa
10-58	650-5.200(*)	65-90	60 a >98	2.700-6.500	12.500 (ECC) 20.000 (ECE)	General
14-80	1.100-6.150	78,5-104	60 a >90	2.700-6.500	20.000	General
13-26	900-1.800	69	80 a >90	2.700-6.500	10.000 13.000 15.000	General Localizada Decorativa
13-70	900-5.200	69-74	80 a >90	2.700-6.500	13.000-20.000	General Localizada Decorativa
3-30	100-1.900	33,3-65	80-89	2.700-4.000	15.000	General Localizada Decorativa

gracias al polvo fluorescente que recubre el interior del tubo. El encendido puede ser: de precalentamiento (mediante cebador o arrancador),

Tipo de lámpara	Características	Observación
Lámparas de vapor de mercurio (a alta presión)	Descarga en mercurio a alta presión	Para que emita todo el flujo hace falta que transcurran unos 5 min a partir de la conexión
Lámparas de halogenuros metálicos	Son lámparas de mercurio a las que se añaden yoduros de tierras raras (indio, disprosio, talio, etc.)	Son lámparas de mercurio a las que se añaden ciertos halogenuros metálicos
Lámparas de sodio de baja presión	La luz se produce por descarga en vapor de sodio a baja presión	Reproducción cromática nula
Lámparas de sodio de alta presión	La luz se produce por descarga en vapor de sodio a alta presión	Son las que proporcionan mejores expectativas para el alumbrado industrial. Solamente cuando el color sea una exigencia básica, deberá recurrirse a las lámparas de halogenuros metálicos

(1) La radiación ultravioleta que produce la descarga de vapor de mercurio a baja presión se transforma en radiación visible de onda más larga, de encendido rápido, de encendido instantáneo, y de encendido electrónico.
(*) Valores de lúmenes con ECC.

Potencias (W)	Flujo luminoso (lm)	Eficacia luminosa (lm/W)	Ra	Tª Color (K)	Vida media (h)	Aplicación
50-1.000	1.600-57.000	32-57	40-60	< 3.300	16.000-24.000	General
37-2.000	3.300-190.000	68-120	65-93	3.000-6.100	4.500-20.000	General Localizada
18-185	18.000-32.000	100-173	0	1.800	18.000	General
50-1.000	3.500-120.000	70-150	20	2.000	14.000-32.000	General

gracias al polvo fluorescente que recubre el interior del tubo. El encendido puede ser: de precalentamiento (mediante cebador o arrancador),

ANEXO 3: BIBLIOGRAFÍA Y DOCUMENTACIÓN

- Documentación técnica. Cortesía de Philips Ibérica S.A. División Comercial Alumbrado y Osram S.A.
- Documentación técnica. Cortesía de La Casa Encendida de Obra Social Caja Madrid (2005)
- Guía de Ahorro Energético en Gimnasios (Comunidad de Madrid, Consejería de Economía e Innovación Tecnológica, 2005)
- Fuentes de Luz (Philips Ibérica S.A.)
- Gestión Energética en Hoteles (Comunidad de Madrid, Consejería de Economía e Innovación Tecnológica, Centro de Ahorro y Eficiencia Energética de Madrid, 2005)
- Manual de Luminotecnia (OSRAM, 2003)
- Aprovechamiento de la luz natural en la iluminación de edificios (IDAE, 2005)
- Introducción al Alumbrado (Philips Ibérica S.A.)
- Guías técnicas de eficiencia energética en iluminación (IDAE, 2001)
- La Buena Iluminación, Tiendas y Centros Comerciales (ANFALUM, CEI, 2004)
- Catálogo General de Luz 2004/2005 (OSRAM)
- Lámparas y Equipos. Catálogo (Philips Ibérica S.A.)
- Guía práctica de la energía, consumo eficiente y responsable (IDAE, 2004)
- UNE-EN 12464-1:2003 Iluminación de los lugares de trabajo
- Revista "Energías Renovables" (Noviembre 2005)
- Boletín electrónico del IDAE nº 2 (IDAE, 2004)
- Manual para la aplicación de la Directiva 2000/55/CE sobre los requisitos de eficiencia energética de reactancias y balastos para iluminación fluorescente (CELMA, 2005)

WEB DE INTERÉS

- ANFALUM (Asociación Nacional de Fabricantes de Iluminación): www.anfalum.com

- CEI (Comité Español de Iluminación): www.ceisp.com
- CIE (International Commission on Illumination): www.cie.co.at/cie/
- CELMA (Federación de Asociaciones de Fabricantes Nacionales de Luminarias y de Componentes Electrotécnicos para Luminarias de la Unión Europea): www.celma.org
- Philips Ibérica S.A.: www.philips.es
- Osram S.A.: www.osram.com
- La Casa Encendida: www.lacasaencendida.com
- IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía): www.idae.es
- Programa Europeo GreenLight: www.eu-greenlight.org
- Programa Energía Inteligente Europa: http://ec.europa.eu/energy/intelligent/index_en.html